UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MADITUC, UN MODELE DE PLANIFICATION OPERATIONNELLE ADAPTE AUX ENTREPRISES DE TRANSPORT EN COMMUN DE TAILLE MOYENNE

par

Robert Chapleau,
Bruno Allard et Marie Canova

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

MADITUC, UN MODELE DE PLANIFICATION OPERATIONNELLE ADAPTE AUX ENTREPRISES DE TRANSPORT EN COMMUN DE TAILLE MOYENNE

par

Robert Chapleau,
Bruno Allard et Marie Canova

Ce projet de recherche a profité du soutien de subventions du C.R.S.N.G. (A-9308) et du fonds F.C.A.C. (programme majeur).

Ce rapport a été publié grâce à une subvention du fonds F.C.A.C. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #265
Ecole Polytechnique de Montréal, Section Génie des Transports

Juillet 1982

Dépôt légal - 3e trimestre 1982

AUTEURS: CHAPLEAU, R., ALLARD, B. et CANOVA, M., Ecole Polytechnique de Montréal, C.P. 6079, succursale "A", Montréal, PQ, H3C 3A7.

TITRE: MADITUC, un modèle de planification opérationnelle adapté aux entreprises de transport en commun de taille moyenne.

RESUME:

Les besoins des planificateurs de transport collectif d'un réseau de moyenne envergure sont principalement axés sur des préoccupations opérationnelles. Pour répondre à ces attentes auxquelles restent plutôt insensibles les modèles actuels (UTPS, EMME/2, TRANSCOM, ...), le modèle MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires en Transport Urbain Collectif) a été conçu afin de mettre l'accent sur les trois aspects suivants:

a) Une codification plus détaillée de la géométrie générale du réseau de transport en commun: géocodage des noeuds avec identificateurs alphabétiques et appartenance territoriale, description des parcours de lignes d'autobus comportant boucle ou sens unique, caractéristiques du service pour un nombre variable de périodes dans la journée, etc...
b) Une évaluation plus soignée de l'allocation des ressources simulant les entrées et les sorties des véhicules sur le réseau; à partir de modèles simples, on réalise l'horaire des véhicules, leur assignation ainsi que l'estimation de la flotte requise, des véhicules-heures et des véhicules-kilomètres quart d'heure par quart d'heure.
c) Une affectation des déplacements totalement désagrégée; dans ce contexte, chaque déplacement est maintenu tout au long de la procédure avec toutes ses caractéristiques (origine, destination, âge, sexe, motif, période, facteur d'expansion, itinéraire détaillé, ...) qui peuvent alors être traitées par un analyseur généralisé, suivant les besoins.

Le développement du logiciel MADITUC est toujours en cours; il est fait en collaboration avec un utilisateur éventuel - entreprise de taille moyenne- la CTRSM (Commission de Transport de la Rive Sud de Montréal), qui, incidemment, exige du modèle des résultats bien spéciaux afin de faire face à une formule inhabituelle de répartition de déficit entre les nombreuses municipalités de son territoire desservi.

Des exemples de résultats du programme seront montrés lors de la présentation.

MADITUC: un modèle de planification opérationnelle...

Introduction

Lorsqu'on observe le comportement de planificateurs "techniques" de réseaux de transport (essentiellement, ceux qui font usage de modèles ordinés qui simulent l'effet de la demande sur l'offre de transport), on réalise que très peu de nuances sont faites entre la méthodologie appliquée et le contexte d'expérimentation. Le modèle, le réseau d'étude ainsi que la caractérisation de la demande sont souvent considérés comme un tout, quel que soit le degré de préoccupation: planification de court, moyen ou long terme et niveau de résolution associé.

Ce comportement des analystes ne correspond certainement pas à celui que s'était imaginé le concepteur des modèles de planification, qui lui, distingue de manière subtile les approches agrégées et désagrégées ainsi que toute une panoplie de niveaux de planification allant de l'esquisse (long terme) à la planification opérationnelle (court terme). D'un point de vue pratique, on peut être convaincu que le planificateur qui dispose déjà, dans ce domaine, d'un instrument opérationnel -- et qui a investi beaucoup pour y rattacher des banques de données convenables (méthodologies, procédures et normes intégrées) sur son réseau et sa demande --, utilisera toujours le même instrument, quel que soit l'horizon du problème posé. Question de consistence interne: en effet, le planificateur digèrerait mal que son modèle en esquisse amène une conclusion contradictoire avec son modèle détaillé!

Dans un contexte d'entreprise de transport de taille moyenne, où les ressources "technologiques" (main d'oeuvre et instruments) demeurent relativement limitées, on peut s'attendre difficilement à ce qu'un service de planification de transport dispose à la fois de toute la panoplie des modèles habituellement disponibles (UTPS(5,11), EMME/2(6,1), TRANSCOM(2), NOPTS(9,10)), lesquels ne sont pas nécessairement adaptés aux préoccupations premières d'un exploitant. C'est pour répondre avant tout aux besoins opérationnels de l'entreprise, caractérisés surtout par des données du même type que celles suggérées par la section 15 d'UMTA (7), que le modèle MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires en Transport Urbain Collectif) a été développé. L'emphase est d'abord mise sur une forme de données proches de l'exploitant, tandis qu'ensuite, on permettra à ceux qui disposent de données plus imposantes sur la demande, d'exécuter une procédure d'affectation des déplacements ainsi qu'une analyse des itinéraires aussi sophistiquée que possible. D'un autre point de vue, plus technologique, il faut rappeler que MADITUC s'inscrit dans la continuité des modèles TRANSCOM et EMME (pour la partie transport en commun), conservant les meilleurs éléments de ses ancêtres, auxquels s'ajouteront certaines innovations mieux adaptées aux particularités propres des entreprises de transport collectif.

MADITUC: un modèle de planification opérationnelle...

Approche intégrée

Ainsi, pour répondre aux préoccupations d'un planificateur oeuvrant dans le contexte d'une entreprise de taille moyenne, qui ne dispose pas de ressources étendues, on va tenter de concevoir un modèle d'un niveau de résolution tel qu'il puisse satisfaire ses exigences de planification opérationnelle, son utilisation la plus fréquente, tout en étant adapté à des questions de plus long terme. La clé de ce problème réside essentiellement dans l'économie des données nécessaires à la définition du réseau en regard au degré de simplification des hypothèses qui y seront associées. Ces enjeux pourront être mieux appréciés à l'examen de la structure du modèle, lequel est articulé autour de trois grandes fonctions: la définition du réseau, le traitement de la demande et l'analyse des itinéraires. A chaque bloc, on retrouve les principales préoccupations du planificateur (voir figure 1).

Le modèle descriptif du réseau

L'objectif fondamental du modèle est de décrire l'opération d'un système de transport en commun pour une journée typique (jour moyen de semaine). Ceci peut être fait à partir des informations suivantes qui définissent complètement le réseau:

- description des NOEUDS (arrêts d'autobus, terminus, stations de métro,...) à l'aide d'un identificateur numérique, des coordonnées géographiques, un code d'appartenance territoriale à une ou plusieurs municipalités et une description alphanumérique (noms de rues);

- description des LIGNES de transport en commun, comportant un ensemble de caractéristiques et la définition du parcours; l'on y trouve:
  - identificateur numérique de la ligne,
  - identificateur alphanumérique,
  - longueurs des parcours aller et retour,
  - vitesses commerciales sur les parcours aller et retour,
  - intervalles moyens selon un nombre variable de périodes, les limites des périodes -- spécifiées en quart d'heure -- étant aussi variables,
  - division à laquelle appartient la ligne,
  - type de service (métro, bus, express...)
  - parcours, défini par une séquence ordonnée de noeuds, pouvant comporter des sections en sens unique ou, encore, une boucle en une de ses extrémités; il est permis, par exemple, qu'une même ligne comporte des itinéraires différents suivant diverses périodes dans la journée;
  - définition de quelques mises-à-jour sur certains temps de parcours, impliquant un ajustement automatique des autres valeurs sur la ligne (ceci

FONCTIONS DE BASE DE MADITUC

DÉFINITION DU RÉSEAU

- GÉOMÉTRIE → NOEUDS, LIGNES
- CARACTÉRISTIQUES → VITESSES, LONGUEURS
- HEURES DE SERVICE → INTERVALLES
- RÉPARTITION → DIVISIONS, MUNICIPALITÉS

TRAITEMENT DE LA DEMANDE

- ACCÈS [CENTROÏDES ⟷ NOEUDS]
- CHEMINEMENT [MIN. IMPÉDANCE]
- CHARGEMENT CONVENTIONNEL
- "ITINÉRAIRES +"

ANALYSEUR D'ITINÉRAIRES

- TRAITEMENT GÉNÉRALISÉ
  - DÉCLARATION DE GROUPEMENT
  - SÉLECTION D'ITINÉRAIRES
  - CONSTRUCTION DE VARIABLES
- ANALYSES DÉTAILLÉES
  - LIGNES
  - NOEUDS (RÉSEAU, DEMANDE)
  - ZONES, SECTEURS (ORIGINE/DESTINATION)
  - CLASSES DE CLIENTÈLE

Figure 1. CONCEPTS DE BASE DE MADITUC.

permet d'intervenir là où les hypothèses implicites du modèle de base ne tiennent pas).

Cet ensemble de données, auquel on ajoute la spécification de certains paramètres globaux, comme les capacités des véhicules sur divers types de lignes et les règles de temps de battement, est raisonnablement suffisant pour permettre l'établissement d'une panoplie de statistiques d'opération. On y distingue:

a) pour chaque LIGNE:
   - l'horaire de chaque départ d'un véhicule à compter d'un point d'injection de la ligne (voyage),
   - une affectation sommaire des véhicules (tournée: séquence d'un ou plusieurs voyages) sur la même ligne,
   - le calcul des statistiques d'opération telles que le nombre de voyages, le nombre maximum de véhicules requis, le nombre de véhicules-kilomètres, le nombre de véhicules-heures productifs et effectifs, les délais, l'emplacement de la période critique...

b) pour une ou plusieurs DIVISIONS:
   - production de statistiques sur l'état de la flotte, quart d'heure par quart d'heure: nombre d'entrées et de sorties de véhicules, niveau de la flotte, nombre de départs aux points d'injection des lignes, nombre de véhicules-heures et véhicules-kilomètres.

c) pour l'ensemble du TERRITOIRE:
   - production de statistiques sur l'estimation des ressources consommées dans chacune des municipalités, à savoir, le nombre de noeuds associés, la densité de noeuds, la longueur du réseau ainsi que le nombre de véhicules-heures et de véhicules-kilomètres. (Remarquons que ces statistiques peuvent maintenant être nécessaires pour l'établissement de la répartition du déficit d'exploitation entre les résidents du territoire desservi; à la C.T.R.S.M., par exemple, la formule existante fait intervenir quatre facteurs, avec une égale importance: la population, l'évaluation foncière, le nombre de véhicules-heures et le nombre de véhicules-kilomètres).

A ces premières fonctions vont s'ajouter quelques modules supplémentaires permettant le calcul d'autres éléments. Une procédure typique est celle de l'établissement détaillé du service d'une ligne à partir de comptes pris au point de charge maximum -- strictement parlant, l'enveloppe des comptes des points de charge maximum ramenée au point d'injection --. Les données, dans ce contexte, se présentent sous la forme d'une série de volumes de passagers observés, quart d'heure par quart d'heure.

Exemple de codification d'un réseau

Il convient ici d'illustrer les diverses possibilités mentionnées plus haut, à l'aide d'exemples aménagés sur un réseau fictif; on sera mieux en mesure d'apprécier l'économie de codification des données en regard à une apparente complexité des situations modélisées. Le système à l'étude comporte sept lignes ayant chacune des particularités spéciales, qu'on peut décrire succintement (voir figure 2):

- la ligne 1 comporte deux tracés différents suivant le moment de la journée. Le tracé de base 1-2-3 (aller: 1-2-3 et retour: 3-2-1) fonctionne le jour (7h30 à 15h15) et en soirée (18h15 à 23h45) tandis qu'en période de pointe p.m. (15h15 à 18h15), un détour est fait, sur le trajet retour afin de desservir un parc industriel situé en 4.

- La ligne 2 représente une ligne en boucle avec un terminus situé au noeud 8 (trajet aller seulement: 8-6-7-8).

- La ligne 3 ne fonctionne que durant les périodes de pointe du matin et du soir; en outre, les parcours aller et retour sont différents (aller: 1-19-5-8-9 et retour: 9-8-5-4-1); de plus, le noeud 4 est rendu inaccessible pour les usagers (accès, embarquement ou débarquement non permis en ce point de la ligne).

- La ligne 4 n'a qu'un seul terminus et comporte une grande boucle en son autre extrémité; le parcours complet revient à la suite de noeuds 1-19-18-12-10-1-12-18-19-1; pour fins de référence, l'aller contient la boucle et le retour va du noeud 12 au terminus 1.

- La ligne 5 est une ligne normale non-orientée, avec une période creuse et un noeud, le 19, inaccessible.

- La ligne 6 est une ligne express fonctionnant aux périodes de pointe, mais avec un tracé complètement inverse pour la seconde période; le tracé du matin (aller: 15-16-17-19-1 et retour: 1-15) engendre, automatiquement par le programme, le tracé du soir (aller: 1-19-17-16-15 et retour: 15-1); le noeud 19 est encore inaccessible pour cette ligne.

- La ligne 7 représente une ligne de métro non encore en service; son tracé (aller-retour: 1-5-8-10) est défini, mais aucune heure de service n'est codifiée.

A ces informations, il faut ajouter que les lignes de ce réseau appartiennent à trois divisions, la première pour les lignes 1, 2 et 3, la deuxième pour les lignes 4, 5 et 6 et enfin, la troisième division pour le métro. On observe deux types de lignes: métro(1) et autobus(3). On trouve des véhicules avec des

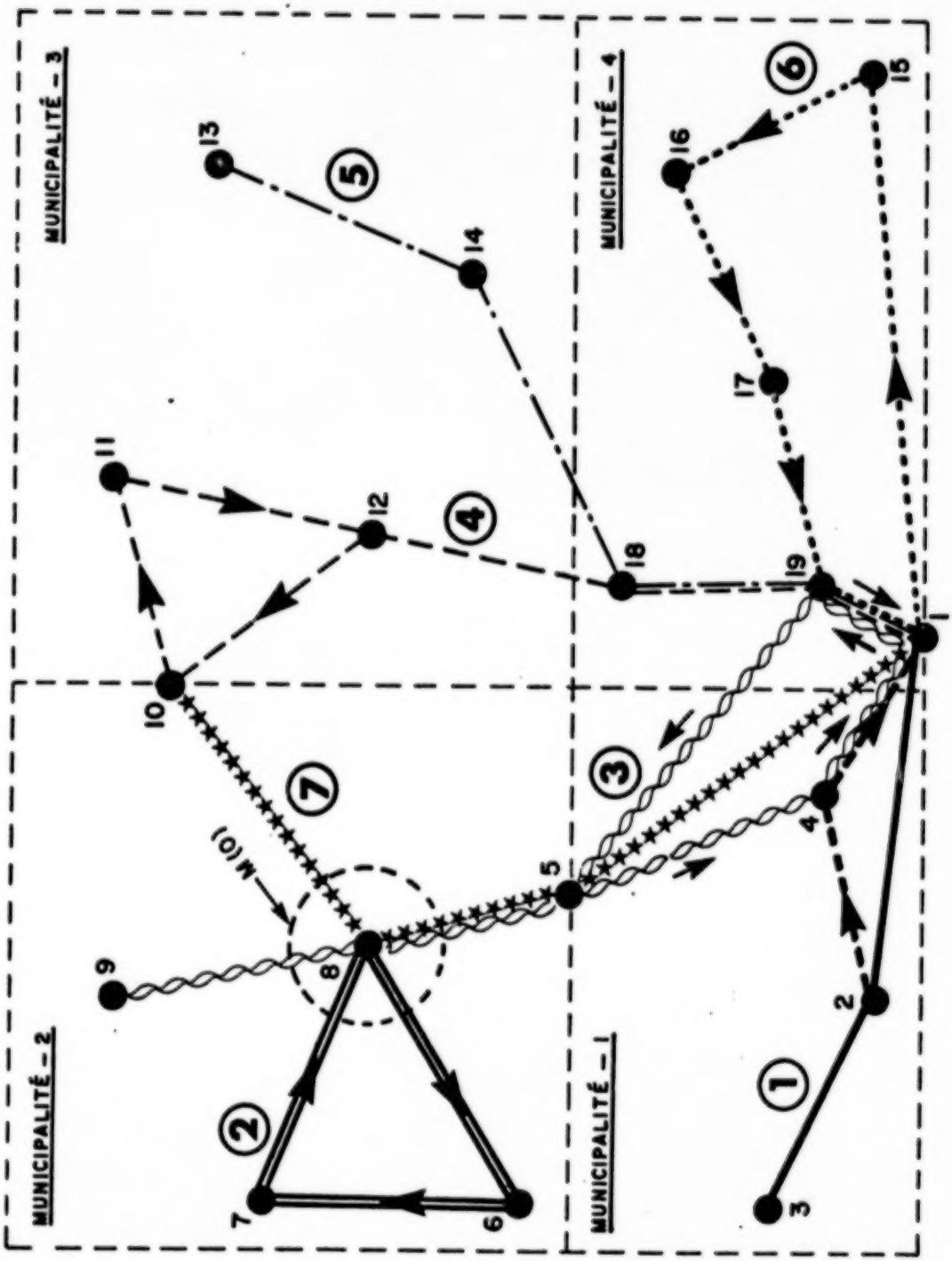

Figure 2. RESEAU EXEMPLE.

capacités respectives de 1200 (1), 75 (3) et 45 (13) voyageurs. Enfin, le territoire desservi appartient à 5 municipalités, dont une (municipalité 0) est artificielle.

Dans ce contexte, pour définir totalement le cadre d'opération du système de transport, il suffit d'ajouter les données de géocodage des noeuds ainsi que quelques autres caractéristiques (distances, vitesses commerciales, intervalles et heures de service). Pour notre exemple, ceci se traduit dans les termes illustrés à la figure suivante (figure 3).

noeud	x	y	mun	noms de rues
3	100	300	1	Cadet Rothchild
6	100	800	2	Tricastin Bordeaux
7	100	1300	2	Tricastin Hermitage
9	500	1600	2	Chablis 1978
2	500	100	1	Mouton Rothchild
8	600	1100	0	Bordeaux Chablis
5	700	700	12	Chablis Fitou
4	900	200	1	Mouton Chablis
10	1100	1500	23	Bordeaux Bourgogne
1	1200	0	4	Chateau Rothchild
19	1300	200	4	Mouton Fitou
18	1300	600	4	Chateau Pauillac
12	1400	1100	3	Bourgogne Chateau
11	1500	1600	3	Chateau Bordeaux
17	1700	300	4	Mouton Romanée
14	1900	900	3	Pauillac 1971
13	2100	1400	3	Pauillac 1974
16	2100	500	4	Beaulne Mouton
15	2300	100	4	Rothchild Beaulne

ligne	description	distA	distR	vitA	vitR	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	fettucini	11.5	11.5	28.0	28.0	20	21	30	61	73	95
	div=1 typ=3					int= 999.		-1	30.	-1	30.
1	fet.a.romana	11.5	12.5	27.0	27.0	61	73				
	div=1 typ=3					int= 30.					
2	tortelli	16.5		31.0		26	86				
	div=1 typ=13					int= 20.					
3	lasagna	19.0	18.0	36.5	36.5	37	61	73	95		
	div=1 typ=3					int= 30.		-1	30.		
. . . . .											

Figure 3. DONNEES DU RESEAU D'ETUDE.

ligne	description	distA	distR	vitA	vitR	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	spaghettini	25.5	11.5	34.5	34.5	21	71				
	div=2 typ=3				int=	30.					
5	involtini	19.0	19.0	35.0	35.0	22	35	64	68		
	div=2 typ=3				int=	45.	-1	60.			
6	expresso	16.0	11.5	38.0	42.0	27	35	64	72		
	div=2 typ=3				int=	10.	-2	10.			
7	capucmetro	20.0	20.0	45.0	45.0	22	35	64	72		
	div=3 typ=1				int=	-1	-1	-1			

description des parcours des lignes

ligne 1 fettucini : 1-2-3

ligne 1 fet.a.romana : 1-R4-2-3

ligne 2 tortelli : 8-A6-A7-8

ligne 3 lasagne : 1-S4-A19-5-8-9

ligne 4 spaghettini : 1-19-18-12-12-A10-A11-12

ligne 5 involtini : 1-N19-18-14-13

ligne 6 expresso : 15-A16-A17-B19-1

ligne 7 capucmetro : 1-5-8-10

*** symboles de direction des noeuds:
: Aller et Retour
N : " " non accessible
A : Aller seulement
B : " " non accessible
R : Retour "
S : " " non accessible

Figure 3 (suite). DONNEES DU RESEAU D'ETUDE.

D'autres paramètres sont initialisés par défaut; on y trouve, par exemple un temps de battement minimum de 3 minutes. Pour l'essentiel, compte tenu que les coordonnées, longueurs, vitesses, périodes de temps et intervalles sont entrés dans les unités habituelles (.1*km,km,km/h,quart d'heure, min.), ceci constitue

les seules données nécessaires à la définition complète du réseau. En sus, il est loisible d'y ajouter quelques modifications; ici, pour illustration, on va fixer à 8.0 minutes le temps de parcours du lien 3-2 qui appartient au deuxième tracé de la ligne 1; les autres temps des liens de la ligne seront ajustés automatiquement par le système.

Cet ensemble de données, lorsque soumis au premier module de MADITUC, va produire un certain nombre de rapports qui vont servir à des fins de vérification et d'estimation des ressources engagées. Voici une liste d'extraits de ces rapports qui sont produits lors du traitement de l'exemple:

- liste des noeuds triés (fig. 4); le système admet une numérotation quelconque ainsi qu'un ordre souple, tout en permettant l'entrée d'informations alphanumériques étendues; pour les fins du traitement du réseau de transport en commun, pour plus de commodité dans la reconnaissance des arrêts d'autobus, on retient des identificateurs alphanumériques de 8 caractères, formés à partir des débuts des noms de rue.

- description des lignes (fig. 5); à partir des données soumises (fig. 3) et de la définition de quelques paramètres globaux évidents, un rapport est produit sur toutes les caractéristiques des lignes, pour fins de vérification; on y trouve les résultats des calculs effectués sous des hypothèses de régime permanent: durées, distances, fréquences, véhicules, délais, voyages, kilomètres et heures d'opération sont estimés sommairement.

- statistiques d'opération (fig. 6); les caractéristiques précédentes sont maintenant accumulées dans le temps; sous les mêmes hypothèses de régime permanent, on établit, quart d'heure par quart d'heure, l'évolution des ressources définies sur le réseau; ces résultats doivent être considérés comme approximatifs, puisque le modèle envisage l'entrée simultanée de tout le service sur une ligne.

- horaire et statistiques d'opération-- ligne 1 (fig. 7); on retient ici un exemple du traitement complet de la ligne 1, qui implique deux tracés différents s'effectuant sur quatre périodes de service; l'horaire de tous les départs est calculé -- fonction de certains temps de battement -- et une assignation sommaire des véhicules (tournées) est réalisée. Un examen attentif de cet exemple nous indique que:
  . on effectue un départ unique à 5h00; le service régulier s'installe à 7h30 et le dernier départ se fera à 23h30;
  . les temps de parcours (efficaces) varient de 49 minutes pour le tracé 1 à 53 minutes pour le tracé 2;

MINIRES3 (26 MAI 82)

LISTE DES NOEUDS TRIES

	NUMERO	NOM	COORDONNEES X	Y	MUNICIPALITE
1.	1	CHATROTH	1200	0	4
2.	2	MOUTROTH	500	100	1
3.	3	CADEROTH	100	300	1
4.	4	MOUTCHAB	900	200	1
5.	5	CHABFITO	700	700	12
6.	6	TRICBORD	100	800	2
7.	7	TRICHERM	100	1300	2
8.	8	BORDCHAB	600	1100	0
9.	9	CHAB1978	500	1600	2
10.	10	BORDBOUR	1100	1500	23
11.	11	CHATBORD	1500	1600	3
12.	12	BOURCHAT	1400	1100	3
13.	13	PAUI1974	2100	1400	3
14.	14	PAUI1971	1900	900	3
15.	15	ROTHBEAU	2300	100	4
16.	16	BEAUMOUT	2100	500	4
17.	17	MOUTROMA	1700	300	4
18.	18	CHATPAUI	1300	600	4
19.	19	MOUTFITO	1300	200	4

Figure 4. LISTE DES NOEUDS TRIES.

DESCRIPTION DES LIGNES

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
1	FETTUCINI	3	1	28.0	28.0	28.0	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	24.64	24.64	49.29
DISTANCE REELLE(KM) :	11.50	11.50	23.00
DISTANCE CALCULEE(KM):	11.54	11.54	23.08
% ERREUR :	-0.35	-0.35	-0.35

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	5H 0	5H15	0.06	999.90	0.0	1	0.0	0.0	1	23.3	0.8	0.8
3	7H30	15H15	2.00	30.00	1.6	2	10.7	21.7	16	379.5	13.6	16.5
5	18H15	23H45	2.00	30.00	1.6	2	10.7	21.7	12	276.0	9.9	12.0
MOY.			1.96	30.55	1.6	2.0	10.6	21.5	29	678.8	24.2	29.5

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
1	FET.A.ROMANA	3	1	27.0	27.0	27.0	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	25.56	27.78	53.33
DISTANCE REELLE(KM) :	11.50	12.50	24.00
DISTANCE CALCULEE(KM):	11.54	12.20	23.74
% ERREUR :	-0.35	2.40	1.00

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	15H15	18H15	2.00	30.00	1.0	2	6.7	12.5	7	168.0	6.2	7.0

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
2	TORTELLI	3	1	31.0	0.0	31.0	45

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	31.94	0.0	31.94
DISTANCE REELLE(KM) :	16.50	0.0	16.50
DISTANCE CALCULEE(KM):	16.22	0.0	16.22
% ERREUR :	1.70	0.0	1.70

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	6H30	21H30	3.00	20.00	1.6	2	8.1	25.3	46	759.0	24.5	30.7

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
3	LASAGNA	3	1	36.5	36.5	36.5	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	31.23	29.59	60.82
DISTANCE REELLE(KM) :	19.00	18.00	37.00
DISTANCE CALCULEE(KM):	19.27	18.22	37.49
% ERREUR :	-1.42	-1.22	-1.32

Figure 5. DESCRIPTION DES LIGNES.

DESCRIPTION DES LIGNES

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	9H15	15H15	2.00	30.00	2.0	3	29.2	48.0	13	481.0	13.2	19.5
3	18H15	23H45	2.00	30.00	2.0	3	29.2	48.0	12	444.0	12.2	18.0
MOY.			2.00	30.00	2.0	3.0	29.2	48.0	25	925.0	25.3	37.5

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
4	SPAGHETTINI	3	2	34.5	34.5	34.5	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	44.35	20.00	64.35
DISTANCE REELLE(KM) :	25.50	11.50	37.00
DISTANCE CALCULEE(KM) :	25.56	11.34	36.90
% ERREUR :	-0.24	1.39	0.27

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	5H15	17H45	2.00	30.00	2.1	3	25.7	39.9	26	962.0	27.9	39.0

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
5	INVOLTINI	3	2	35.0	35.0	35.0	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	32.57	32.57	65.14
DISTANCE REELLE(KM) :	19.00	19.00	38.00
DISTANCE CALCULEE(KM) :	18.34	18.34	36.68
% ERREUR :	3.47	3.47	3.47

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	5H30	8H45	1.33	45.00	1.4	2	24.9	38.2	5	202.7	5.8	8.0
3	16H 0	17H 0	1.00	60.00	1.1	2	54.9	84.2	2	76.0	2.2	4.0
MOY.			1.25	47.01	1.4	2.0	31.9	49.0	7	278.7	8.0	11.9

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
6	EXPPESSO	3	2	38.0	42.0	39.6	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	25.26	16.43	41.69
DISTANCE REELLE(KM) :	16.00	11.50	27.50
DISTANCE CALCULEE(KM) :	15.30	11.05	26.35
% ERREUR :	4.38	3.91	4.18

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	6H45	8H45	6.00	10.00	4.2	5	8.3	19.9	13	357.5	9.8	18.8

Fig. 5 (suite) DESCRIPTION DES LIGNES.

MINIRES3 (26 MAI 82) MADITUC PAGE 8

DESCRIPTION DES LIGNES

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
6	EXPRESSO	3	2	38.0	42.0	39.6	75

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	25.26	16.43	41.69
DISTANCE REELLE(KM) :	16.00	11.50	27.50
DISTANCE CALCULEE(KM) :	15.30	11.05	26.35
% ERREUR :	4.38	3.91	4.18

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	16H 0	18H 0	6.00	10.00	4.2	5	8.3	19.9	13	357.5	9.0	10.0

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEM	CAPACITE
7	CAPUCMETRO	1	3	45.0	45.0	45.0	1200

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	26.67	26.67	53.33
DISTANCE REELLE(KM) :	20.00	20.00	40.00
DISTANCE CALCULEE(KM) :	19.12	19.12	38.24
% ERREUR :	4.40	4.40	4.40

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.	VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
MOY.			0.0	******	0.0	0.0	0.0	*****	0	0.0	0.0	0.0

Fig. 5 (suite) DESCRIPTION DES LIGNES.

STATISTIQUES D OPERATION

HEURE	NBE LIGNES	CIRCUITS /HEURE	VEHICULES REQUIS	VEHICULES AVEC DELAI	DELAI MOY. MTES/HRE	VIT. MOY. KM/HRE	VEH-KM	VEH-HRES
5H 0	1	0.1	0.0	1	0.0	20.0	0.3	0.0
5H 15	1	2.0	2.1	3	25.7	34.5	18.5	0.5
5H 30	2	3.3	3.6	5	25.3	34.7	31.2	0.9
5H 45	2	3.3	3.6	5	25.3	34.7	31.2	0.9
6H 0	2	3.3	3.6	5	25.3	34.7	31.2	0.9
6H 15	2	3.3	3.6	5	25.3	34.7	31.2	0.9
6H 30	3	6.3	5.2	7	20.4	33.6	43.5	1.3
6H 45	4	12.3	9.4	12	15.4	36.1	84.8	2.3
7H 0	4	12.3	9.4	12	15.4	36.1	84.8	2.3
7H 15	4	12.3	9.4	12	15.4	36.1	84.8	2.3
7H 30	5	14.3	11.0	14	14.7	35.0	96.3	2.8
7H 45	5	14.3	11.0	14	14.7	35.0	96.3	2.8
8H 0	5	14.3	11.0	14	14.7	35.0	96.3	2.8
8H 15	5	14.3	11.0	14	14.7	35.0	96.3	2.8
8H 30	5	14.3	11.0	14	14.7	35.0	96.3	2.8
8H 45	3	7.0	5.4	7	16.4	31.6	42.4	1.3
9H 0	3	7.0	5.4	7	16.4	31.6	42.4	1.3
9H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
9H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
9H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
10H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
10H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
10H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
10H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
11H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
11H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
11H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
11H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
12H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
12H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
12H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
12H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
13H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
13H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
13H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
13H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
14H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
14H 15	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
14H 30	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
14H 45	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
15H 0	4	9.0	7.4	10	20.2	33.1	60.9	1.9
15H 15	3	7.0	5.5	7	15.2	31.4	42.9	1.4
15H 30	3	7.0	5.5	7	15.2	31.4	42.9	1.4
15H 45	3	7.0	5.5	7	15.2	31.4	42.9	1.4
16H 0	5	14.0	10.8	14	18.4	34.8	93.6	2.7
16H 15	5	14.0	10.8	14	18.4	34.8	93.6	2.7
16H 30	5	14.0	10.8	14	18.4	34.8	93.6	2.7
16H 45	5	14.0	10.8	14	18.4	34.8	93.6	2.7
17H 0	4	13.0	9.7	12	12.3	34.8	84.1	2.4
17H 15	4	13.0	9.7	12	12.3	34.8	84.1	2.4
17H 30	4	13.0	9.7	12	12.3	34.8	84.1	2.4
17H 45	3	11.0	7.5	9	7.9	34.9	65.6	1.9
18H 0	2	5.0	3.4	4	7.4	29.0	24.4	0.8

		MINIRE
		STATIS
NBE DE NOEUDS	:	19
NBE DE NOEUDS ACTIFS	:	19
NBE DE LIGNES	:	9
NBE DE LIGNES(AVEC NO. DIFF)	:	7
DISTANCE REELLE(KM)	:	270.5
DISTANCE CALCULEE(KM)	:	265.0
NBE DE VEHICULES-KILOMETRES	:	4486.5
NBE DE VEH.-HRES PRODUCTIVES	:	134.2
NBE DE VEHICULES-HEURES	:	177.2

Figure 6. STATISTIQUES D'OPERATION.

MINIRES3 (26 MAI 82) MADITUC PAGE 12

HORAIRES ET STATISTIQUES D'OPERATION POUR LES DIVISIONS 0 A 99
LIGNE 1

LIMITE DE PERIODE DONNEE	LIMITE CALCULEE	INTERVALLE (MIN)	DUREE TOTALE(MIN)	VITESSE MOY.(KM/H)
5H 0	5H 0	999.9	49.29	28.0
5H15	5H 0			
7H30	7H30	30.0	49.29	28.0
15H15	15H 0	30.0	53.33	27.0
18H15	18H 0	30.0	49.29	28.0
23H45	23H30			

DESCRIPTION DES HORAIRES

	1	****	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
HOR	5H 0	0H 0	7H30	8H 0	8H30	9H 0	9H30	10H 0	10H30	11H 0	11H30	12H 0	12H30	13H 0	13H30	14H 0	14H30	15H 0	15H30	16H 0
DISP	5H49	0H 0	8H19	8H49	9H19	9H49	10H19	10H49	11H19	11H49	12H19	12H49	13H19	13H49	14H19	14H49	15H19	15H49	16H23	16H53
POIN	0	****	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
HOR	16H30	17H 0	17H30	18H 0	18H30	19H 0	19H30	20H 0	20H30	21H 0	21H30	22H 0	22H30	23H 0	23H30
DISP	17H23	17H53	18H23	18H53	19H19	19H49	20H19	20H49	21H19	21H49	22H19	22H49	23H19	23H49	24H19
POIN	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	0	0

DESCRIPTION DES TOURNEES

VEHICULE	HEURE D'ENTREE	HEURE DE SORTIE	VOYAGES	KILOMETRES	HEURES EFFECTIVES	HEURES PRODUCTIVES
1	5H 0	5H49	1	23.00	0H49	0H49
2	7H30	24H19	17	394.00	16H49	14H10
3	8H 0	23H49	16	371.00	15H49	13H21

STATISTIQUES D'OPERATION SUR LA JOURNEE

NBE DE VOYAGES NON AJUSTE	:	32.51
NBE DE VOYAGES AJUSTE	:	34
MAXIMUM VEHICULES REQUIS	:	2
PREMIERE HEURE CRITIQUE	:	8H 0
DELAI/VOYAGE(MIN.)	:	9.9
VEHICULES-KILOMETRES	:	788.0
VEHICULES-HEURES PRODUCTIVES	:	28.3
VEHICULES-HEURES EFFECTIVES	:	33.5

Figure 7. HORAIRE ET STATISTIQUES D'OPERATION -- LIGNE 1.

. il résulte, de ces paramètres, un nombre total de 34 départs, 3 tournées (3 véhicules devant fictivement sortir du dépôt), une flotte maximale de 2 véhicules, 788 kilomètres parcourus et un nombre de véhicules-heures total de 33.5, incluant des délais dus aux battements et à l'horaire, de 5.2 heures; l'heure, à partir de laquelle la flotte maximale est requise, se situe à 8h00.

. une comparaison avec les premières données montre bien que l'union des deux tracés élimine le double calcul des statistiques reliées aux débuts et fins des périodes de service.

- statistiques de la flotte (fig. 8); il est clair que ces statistiques, qui sont déterminées à partir de la simulation des mouvements de chaque véhicule dans le système, sont plus précisément représentatives de l'évolution réelle de la flotte; par quart d'heure, le rapport met en présence les véhicules qui entrent ou sortent sur le réseau (sortent ou entrent des dépôts), le niveau de la flotte, tandis que les véhicules-heures et véhicules-kilomètres tiennent compte des moments où interviennent les délais dus aux battements ou aux contraintes d'horaire.

- statistiques par municipalité (fig. 9); l'utilisateur a fourni, comme données supplémentaires, une estimation de la surface de chacune des municipalités, ce qui permet le calcul de la densité des noeuds; les valeurs intéressantes concernent plutôt le calcul, pour chaque municipalité, de la longueur de la couverture du réseau, du nombre de véhicules-kilomètres qui y sont parcourus ainsi que du nombre de véhicules-heures qui y sont affectées; les statistiques associées aux points qui sont exclus de cette affectation se retrouvent allouées à une municipalité fictive (**10**); il va sans dire que la précision de ces résultats dépend du degré de résolution de la codification des noeuds.

- rapport de charge d'une ligne (fig. 10); ce rapport rassemble toutes les statistiques globales pertinentes à l'analyse d'une ligne après affectation des passagers; on y trouve le volume de chaque lien, associé au temps de parcours et à la longueur du lien ainsi que certains indicateurs de performance globaux: achalandage total, revenus directs, passagers-minutes et passagers-kilomètres ainsi que facteurs d'utilisation respectifs.

Comme on peut le constater à l'examen des différents rapports que nous venons de commenter, le module d'analyse de réseau de MADITUC fait une exploitation magistrale des parcimonieuses données qui sont exigées pour la définition du système. A notre avis, ceci répond adéquatement aux besoins des planificateurs de

MINIRES3 (26 MAI 82) MADITUC PAGE 19

STATISTIQUES QUART D'HEURE PAR QUART D'HEURE POUR LES DIVISIONS 0 A 99

HEURE	ENTRES	SORTIS	REQUIS	DEPARTS	VEHRE EFF	VEHRE PROD	VEHKM
5H 0	1	0	1	1	0.25	0.25	7.00
5H 15	1	0	2	1	0.50	0.50	15.63
5H 30	1	0	3	1	0.75	0.75	24.38
5H 45	1	1	4	1	0.82	0.82	28.00
6H 0	0	0	3	0	0.75	0.75	26.00
6H 15	2	0	5	2	1.25	1.07	37.25
6H 30	1	0	6	1	1.50	1.09	36.75
6H 45	3	0	9	4	2.00	1.57	54.61
7H 0	1	0	10	3	2.42	2.03	72.47
7H 15	2	0	12	3	2.83	2.30	83.52
7H 30	1	0	13	3	3.25	2.48	87.61
7H 45	0	0	13	5	3.25	2.80	98.97
8H 0	1	0	14	3	3.50	2.73	95.03
8H 15	0	0	14	3	3.50	2.57	90.64
8H 30	0	0	14	4	3.50	2.98	103.36
8H 45	0	3	14	3	3.06	2.62	91.93
9H 0	0	1	11	2	2.61	2.23	75.54
9H 15	1	2	11	2	2.47	1.98	66.79
9H 30	0	1	9	2	2.09	1.78	57.29
9H 45	1	0	9	3	2.25	1.81	59.92
10H 0	0	0	9	2	2.25	1.87	60.83
10H 15	1	0	10	2	2.50	1.77	58.83
10H 30	0	0	10	2	2.50	1.95	63.42
10H 45	0	0	10	3	2.50	1.82	60.42
11H 0	0	0	10	2	2.50	1.87	60.83
11H 15	0	0	10	2	2.50	1.77	58.83
11H 30	0	0	10	2	2.50	1.95	63.42
11H 45	0	0	10	3	2.50	1.82	60.42
12H 0	0	0	10	2	2.50	1.87	60.83
12H 15	0	0	10	2	2.50	1.77	58.83
12H 30	0	0	10	2	2.50	1.95	63.42
12H 45	0	0	10	3	2.50	1.82	60.42
13H 0	0	0	10	2	2.50	1.87	60.83
13H 15	0	0	10	2	2.50	1.77	58.83
13H 30	0	0	10	2	2.50	1.95	63.42
13H 45	0	0	10	3	2.50	1.82	60.42
14H 0	0	0	10	2	2.50	1.87	60.83
14H 15	0	0	10	2	2.50	1.77	58.83
14H 30	0	0	10	2	2.50	1.95	63.42
14H 45	0	0	10	3	2.50	1.82	60.42
15H 0	0	0	10	2	2.50	1.87	60.83
15H 15	0	1	10	2	2.26	1.77	58.83
15H 30	0	0	9	2	2.25	1.95	63.17
15H 45	0	1	9	2	2.01	1.57	51.04
16H 0	3	0	11	5	2.58	2.20	73.15
16H 15	1	1	12	2	2.68	2.26	77.22
16H 30	2	0	13	4	3.08	2.73	94.11
16H 45	0	0	13	3	3.25	2.66	92.61
17H 0	1	1	14	5	3.34	2.76	95.64
17H 15	0	0	13	2	3.25	2.61	91.03
17H 30	0	0	13	4	3.25	2.76	95.22

Figure 8. STATISTIQUES DE LA FLOTTE.

```
                                                                    MADITUC   PAGE   21
                        MINIRES3 (26 MAI 82)

                        STATISTIQUES PAR MUNICIPALITE

MUNICIPALITE          :    1        2        3        4        5        6        7        8        9      **10**
NOMBRE DE NOEUDS      :    4        5        5        6        0        0        0        0        0        1
SURFACE               : 30.00   150.00    50.00    60.00   ******   ******   ******   ******   ******   ******
NBRE DE NOEUDS/SURFACE :  0.13     0.03     0.10     0.10     0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.00

NOEUDS SANS APPARTENANCE TERRITORIALE(MUNICIPALITE **10**)
     8

MUNICIPALITE          :    1        2        3        4        5        6        7        8        9      **10**
LONGUEUR DE LIGNE     :  11.86    19.79    37.43   100.37     0.0      0.0      0.0      0.0      0.0     14.00
NBRE DE VEHICULES-KMS :  276.56   721.38   629.09  2297.34     0.0      0.0      0.0      0.0      0.0    489.93
NBRE DE VEHICULES-HRES :  10.34    28.29    23.91    83.71     0.0      0.0      0.0      0.0      0.0     19.02

 AVERTISSEMENT:VERIFIEZ L'APPARTENANCE TERRITORIALE DES NOEUDS SUCCESSIFS    5 ET   19 SUR LA LIGNE   3

 AVERTISSEMENT:VERIFIEZ L'APPARTENANCE TERRITORIALE DES NOEUDS SUCCESSIFS    8 ET    5 SUR LA LIGNE   3
```

Figure 9. STATISTIQUES PAR MUNICIPALITE.

```
                                                                    MADITUC   PAGE   22
                        MINIRES3 (26 MAI 82)

LIGNE:   1   FETTUCINI        TYPE:   3  INTERVALLE:  30.0(MTES)  VITESSEA:  28.0(KM/HRE)  CAPACITE:  75  DEBUT:  7H30  FIN: 15H15
                                                                 VITESSER:  28.0(KM/HRE)

          DISTANCE(KM)    TEMPS(MTES)    VOLUME MAXIMUM    PASSAGERS TRANSPORTES    PAYANT
ALLER :     11.50            24.6             0.0
RETOUR:     11.50            24.6             0.0
TOTAL :     23.00            49.3             0.0                 0.0              0.0

PASSAGERS-MINUTES:        0.0     FACTEUR D UTILISATION:   0.0    MAX. CHARGE/CAPACITE:  0.0
PASSAGERS-KILOM. :        0.0     FACTEUR D UTILISATION:   0.0

VOLUMES DE L ITINERAIRE ALLER

NOEUDS       :      1         2         3
NOM          : CHATROTH MOUTROTH CADEROTH
TEMPS        :            15.1       9.5
DISTANCE     :             7.0       4.4
VOLUME       :             0.0       0.0
VOL. DU LIEN:             0.0       0.0
CODE COMMUN  :               1         1

DISTANCE PARCOURUE:       11.50

VOLUMES DE L ITINERAIRE RETOUR

NOEUDS       :      3         2         1
NOM          : CADEROTH MOUTROTH CHATROTH
TEMPS        :             9.5      15.1
DISTANCE     :             4.4       7.0
VOLUME       :             0.0       0.0
VOL. DU LIEN:             0.0       0.0
CODE COMMUN  :               1         0

DISTANCE PARCOURUE:       11.50

CODES DES LIGNES COMMUNES:

( 1):    1
```

Figure 10. RAPPORT DE CHARGE D'UNE LIGNE.

réseau de taille moyenne; en effet, l'emphase de ces rapports a été mise sur l'évaluation du déploiement des ressources consommées pour assurer le niveau de service envisagé, ce qui en fait un outil approprié pour l'examen rationnel d'alternatives ainsi que le contrôle des coûts.

Il y a cependant des situations qui exigent, pour ce faire, une analyse plus raffinée encore pour certains aspects particuliers. Le système MADITUC est ainsi conçu qu'il permet d'y incorporer des modules qui, à l'introduction de données supplémentaires, va produire des résultats plus détaillés, tout en restant intégrés à l'approche générale du modèle. Pour illustrer ce mode d'extension de MADITUC, nous avons expérimenté l'adjonction d'un module réalisant l'établissement de l'offre de service d'une ligne à partir de comptes. En sus de certains considérants qui sont propres à la procédure elle-même, on réalise que ce problème se résume tout simplement à l'introduction de données typiques de pointage; on exige, de fait, la courbe enveloppe, ramenée au point d'injection, des comptes (par quart d'heure) pris aux points de charge maximum; l'exemple de la figure 11 illustre un compte relatif à la ligne 2 de notre réseau (6h00 à 20h00).

Avec ces données, couplées aux caractéristiques de la ligne (service commençant à 6h30 pour se terminer à 21h30), le modèle MADITUC peut appliquer une quelconque procédure (comportant la spécification du niveau minimum de service ainsi que les facteurs de charge) qui aura essentiellement pour effet de réestimer, d'une manière continue, les différents intervalles de service. Ce faisant, les rapports usuels, déjà illustrés, pourront être produits avec un très haut niveau de résolution, à savoir, l'établissement des statistiques sur les intervalles (fig. 12), les horaires et les tournées de véhicules (fig. 13) ainsi que tous les mouvements des véhicules sur la ligne (fig. 14). La précision de ces résultats est tout à fait acceptable même pour les besoins d'un service d'exploitation d'une entreprise de transport en commun.

Il est, en outre, possible de réintroduire des valeurs dans les données de départ; dans l'exemple que nous traitons, à partir du suivi des comptes sur la ligne, on peut déduire des intervalles moyens pour un nombre limité de périodes et réinsérer ces valeurs dans les caractéristiques initiales de la ligne. Il est intéressant, dans ce dernier cas, de refaire une simulation et de comparer l'effet, sur les résultats, des différents niveaux de résolution (figures 15 et 16); par chance, les résultats diffèrent peu ici, mais de sérieux risques peuvent résulter d'une agrégation trop sommaire des périodes de service.

MADITUC PAGE 4

MINIRES3 (26 MAI 82)

LES COMPTES

```
 2     TORTELLI                                                    42
 30. 40. 30. 85. 63.110.265.285.260.325.263.345.150.190. 95.210. 75.100.195.125.
130.185. 75.145. 80.135.100. 75.130.115. 90.175.135.150.105.115. 80. 80.100. 63.
 93. 83. 93.113. 90.120.120. 80. 83. 40. 25. 15. 30. 35. 20. 10.
```

Figure 11. COMPTES AUX QUARTS D'HEURE -- LIGNE 2.

MADITUC PAGE 5

MINIRES3 (26 MAI 82)

DESCRIPTION DES LIGNES

NO.	DESCRIPTION	TYPE	DIVISION	VITESSEA	VITESSER	VITESSEN	CAPACITE
2	TORTELLI	3	4	31.0	0.0	31.0	45

	ALLER	RETOUR	ALLER-RETOUR
DUREE (MIN.) :	31.94	0.0	31.94
DISTANCE REELLE(KM) :	16.50	0.0	16.50
DISTANCE CALCULEE(KM):	16.22	0.0	16.22
% ERREUR :	1.70	0.0	1.70

PERIODE	DEBUT	FIN	FREQUENCE AUT/HRE	INTERVALLE MTES	VEHIC.	VEHIC. DELAI	DELAI MTES	% REC. CALC.		VOYAGES	VEH.-KM	VEH.-HRES PRODUCTIVES	VEH.-HRES
1	6H30	7H 0	10.00	6.00	5.3	5	0.0	0.0		5	82.5	2.7	2.7
2	7H 0	7H30	14.00	4.29	7.5	7	0.0	0.0		7	115.5	3.7	3.7
3	7H30	7H45	24.00	2.50	12.8	6	0.0	0.0		6	99.0	3.2	3.2
4	7H45	8H 0	20.00	3.00	10.6	5	0.0	0.0		5	82.5	2.7	2.7
5	8H 0	8H15	24.00	2.50	12.8	6	0.0	0.0		6	99.0	3.2	3.2
6	8H15	8H30	32.00	1.88	17.0	8	0.0	0.0		8	132.0	4.3	4.3
7	9H30	8H45	24.00	2.50	12.8	6	0.0	0.0		6	99.0	3.2	3.2
8	8H45	9H 0	32.00	1.88	17.0	8	0.0	0.0		8	132.0	4.3	4.3
9	9H 0	9H15	16.00	3.75	8.5	4	0.0	0.0		4	66.0	2.1	2.1
10	9H15	9H30	20.00	3.00	10.6	5	0.0	0.0		5	82.5	2.7	2.7
11	9H30	10H 0	24.00	2.50	12.8	12	0.0	0.0		12	198.0	6.4	6.4
12	10H 0	10H30	14.00	4.29	7.5	7	0.0	0.0		7	115.5	3.7	3.7
13	10H30	11H 0	24.00	2.50	12.8	12	0.0	0.0		12	198.0	6.4	6.4
14	11H 0	11H30	10.00	3.33	9.6	9	0.0	0.0		9	148.5	4.8	4.8
15	11H30	12H 0	18.00	3.33	9.6	9	0.0	0.0		9	148.5	4.8	4.8
16	12H 0	12H30	16.00	3.75	8.5	8	0.0	0.0		8	132.0	4.3	4.3
17	12H30	13H 0	14.00	4.29	7.5	7	0.0	0.0		7	115.5	3.7	3.7
18	13H 0	13H15	12.00	5.00	6.4	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
19	13H15	13H30	12.00	5.00	6.4	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
20	13H30	13H45	8.00	7.50	4.3	2	0.0	0.0		2	33.0	1.1	1.1
21	13H45	14H 0	16.00	3.75	8.5	4	0.0	0.0		4	66.0	2.1	2.1
22	14H 0	14H15	12.00	5.00	6.4	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
23	14H15	14H30	16.00	3.75	8.5	4	0.0	0.0		4	66.0	2.1	2.1
24	14H30	14H45	12.00	5.00	6.4	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
25	14H45	15H 0	12.00	5.00	6.4	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
26	15H 0	15H30	12.00	5.00	6.4	6	0.0	0.0		6	99.0	3.2	3.2
27	15H30	16H 0	14.00	4.29	7.5	7	0.0	0.0		7	115.5	3.7	3.7
28	16H 0	16H30	14.00	4.29	7.5	7	0.0	0.0		7	115.5	3.7	3.7
29	16H30	17H 0	16.00	3.75	8.5	8	0.0	0.0		8	132.0	4.3	4.3
30	17H 0	17H30	18.00	3.33	9.6	9	0.0	0.0		9	148.5	4.8	4.8
31	17H30	18H 0	16.00	3.75	8.5	8	0.0	0.0		8	132.0	4.3	4.3
32	18H 0	18H30	10.00	6.00	5.3	5	0.0	0.0		5	82.5	2.7	2.7
33	18H30	19H 0	4.00	15.00	2.1	2	0.0	0.0		2	33.0	1.1	1.1
34	19H 0	19H30	6.00	10.00	3.2	3	0.0	0.0		3	49.5	1.6	1.6
35	19H30	20H 0	4.00	15.00	2.1	2	0.0	0.0		2	33.0	1.1	1.1
36	20H 0	21H30	2.00	30.00	1.1	2	20.1	87.9		4	66.0	2.1	4.0
MOY.			13.93	4.31	7.4	5.8	1.0	3.0		210	3465.0	111.0	115.1

Figure 12. STATISTIQUES D'OPERATION -- LIGNE 2.

HORAIRES ET STATISTIQUES D'OPERATION POUR LES DIVISIONS 4 A 99
LIGNE 2

DESCRIPTION DES TOURNEES

VEHICULE	HEURE D'ENTREE	HEURE DE SORTIE	VOYAGES	KILOMETRES	HEURES EFFECTIVES	HEURES PRODUCTIVES
1	6H30	21H32	24	396.00	15H 2	12H46
2	6H36	10H 7	6	99.00	3H31	3H12
3	6H42	9H 2	4	66.00	2H20	2H 0
4	6H40	9H 9	4	66.00	2H21	2H 0
5	6H54	17H39	18	297.00	10H45	9H35
6	7H 0	11H 4	7	115.50	4H 4	3H44
7	7H 4	13H37	11	181.50	6H33	5H51
8	7H21	10H14	5	82.50	2H53	2H40
9	7H32	13H28	10	165.00	5H55	5H19
10	7H37	19H32	20	330.00	11H54	10H39
11	7H42	10H 2	4	66.00	2H19	2H 0
12	7H51	8H58	2	33.00	1H 7	1H 4
13	8H 0	10H19	4	66.00	2H19	2H 0
14	8H17	9H24	2	33.00	1H 8	1H 4
15	8H22	9H30	2	33.00	1H 8	1H 4
16	8H28	11H24	5	82.50	2H56	2H40
17	8H47	9H19	1	16.50	0H32	0H32
18	9H37	12H36	5	82.50	2H58	2H40
19	9H45	18H50	15	247.50	9H 5	7H59
20	9H52	10H24	1	16.50	0H32	0H32
21	10H37	12H58	4	66.00	2H21	2H 0
22	10H42	11H14	1	16.50	0H32	0H32
23	10H47	18H 9	12	198.00	7H22	6H23
24	10H55	14H28	6	99.00	3H33	3H12
25	11H 0	12H 9	2	33.00	1H 9	1H 4
26	13H49	14H58	2	33.00	1H 9	1H 4
27	14H10	18H17	7	115.50	4H 7	3H44
28	14H19	18H28	7	115.50	4H 9	3H44
29	15H34	17H59	4	66.00	2H24	2H 0
30	16H 4	22H 2	9	148.50	5H58	4H47
31	16H56	18H44	3	49.50	1H40	1H36
32	17H23	18H32	2	33.00	1H 9	1H 4
33	19H30	20H 2	1	16.50	0H32	0H32

STATISTIQUES D'OPERATION SUR LA JOURNEE

NBE DE VOYAGES NON AJUSTE	:	289.00
NBE DE VOYAGES AJUSTE	:	210
MAXIMUM VEHICULES REQUIS	:	17
PREMIERE HEURE CRITIQUE	:	8H47
DELAI/VOYAGE(MIN.)	:	4.7
VEHICULES-KILOMETRES	:	3465.0
VEHICULES-HEURES PRODUCTIVES	:	111.0
VEHICULES-HEURES EFFECTIVES	:	125.6

Figure 13. TOURNEES DES VEHICULES -- LIGNE 2.

MINIRES3 (26 MAI 82) MADITUC PAGE 12

STATISTIQUES QUART D'HEURE PAR QUART D'HEURE POUR LES DIVISIONS 4 A 99

HEURE	ENTRES	SORTIS	REQUIS	DEPARTS	VEHRE EFF	VEHRE PROD	VEHKM
6H 30	3	0	3	3	0.45	0.45	13.95
6H 45	2	0	5	2	1.05	1.05	32.55
7H 0	2	0	7	4	1.68	1.47	45.51
7H 15	1	0	8	4	1.89	1.69	52.49
7H 30	3	0	11	6	2.38	2.18	67.66
7H 45	2	0	13	5	2.90	2.67	82.71
8H 0	0	0	13	6	3.25	2.94	91.25
8H 15	3	0	16	8	3.63	3.29	101.87
8H 30	0	0	16	6	4.00	3.69	114.50
8H 45	1	1	17	8	4.19	3.76	116.47
9H 0	0	2	16	4	3.69	3.44	106.78
9H 15	0	2	14	5	3.22	2.88	89.34
9H 30	2	1	14	6	2.88	2.63	81.53
9H 45	1	0	14	6	3.37	3.04	94.12
10H 0	0	3	14	3	3.14	2.89	89.59
10H 15	0	2	11	4	2.48	2.25	69.66
10H 30	2	0	11	6	2.42	2.18	67.66
10H 45	3	0	14	6	3.04	2.79	86.59
11H 0	0	2	14	4	3.31	3.01	93.40
11H 15	0	1	12	5	2.91	2.62	81.35
11H 30	0	0	11	4	2.75	2.41	74.61
11H 45	0	0	11	5	2.75	2.38	73.89
12H 0	0	1	11	4	2.64	2.34	72.46
12H 15	0	0	10	4	2.50	2.20	68.29
12H 30	0	1	10	3	2.34	2.00	64.34
12H 45	0	1	9	4	2.22	1.93	59.91
13H 0	0	0	8	3	2.00	1.81	56.03
13H 15	0	1	8	3	1.96	1.67	51.71
13H 30	0	1	7	2	1.62	1.47	45.62
13H 45	1	0	7	4	1.69	1.47	45.63
14H 0	1	0	8	3	1.83	1.69	52.38
14H 15	1	1	9	4	2.16	1.88	58.25
14H 30	0	0	8	3	2.00	1.85	57.25
14H 45	0	1	8	3	1.97	1.75	54.37
15H 0	0	0	7	3	1.75	1.60	49.50
15H 15	0	0	7	3	1.75	1.60	49.50
15H 30	1	0	8	3	1.93	1.67	51.71
15H 45	0	0	8	4	2.00	1.78	55.04
16H 0	1	0	9	3	2.18	1.88	58.25
16H 15	0	0	9	4	2.25	1.85	57.25
16H 30	0	0	9	4	2.25	1.93	59.91
16H 45	1	0	10	4	2.31	2.04	63.34
17H 0	0	0	10	4	2.50	2.20	68.15
17H 15	1	0	11	5	2.61	2.31	71.60
17H 30	0	1	11	4	2.64	2.34	72.46
17H 45	0	1	10	4	2.48	2.20	68.29
18H 0	0	1	9	2	2.16	1.95	60.57
18H 15	0	2	8	3	1.75	1.55	48.17
18H 30	0	2	6	1	1.26	1.15	35.55
18H 45	0	1	4	1	0.83	0.76	23.70
19H 0	0	0	3	1	0.75	0.62	19.00

Figure 14. EVOLUTION DE LA FLOTTE -- LIGNE 2.

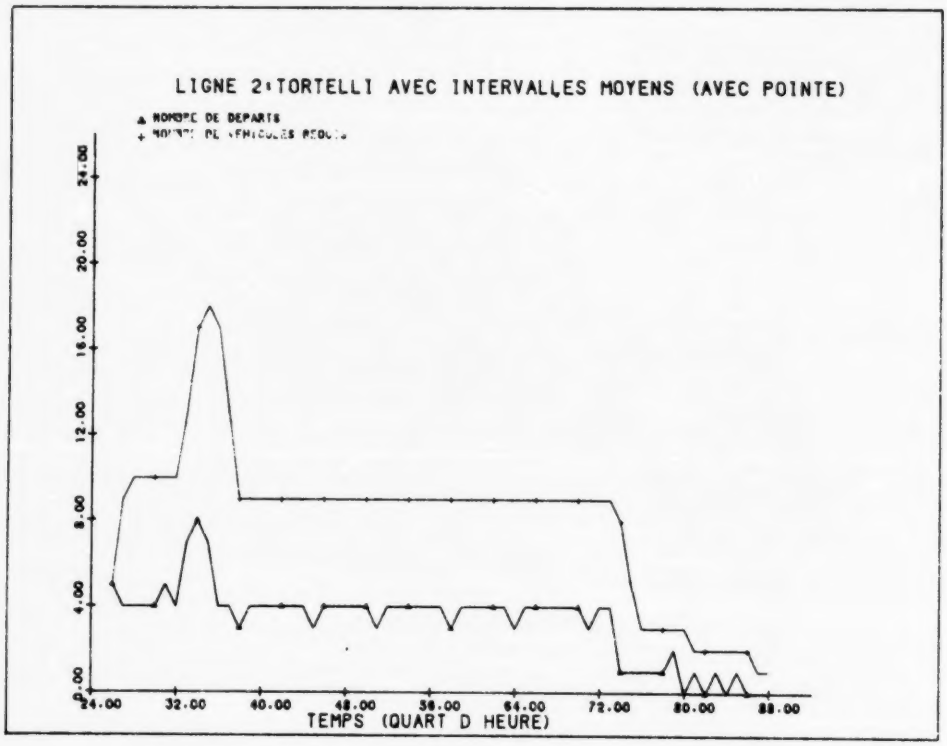

Figure 15. GRAPHIQUE D'EVOLUTION DE LA LIGNE 2 AVEC INTERVALLES MOYENS.

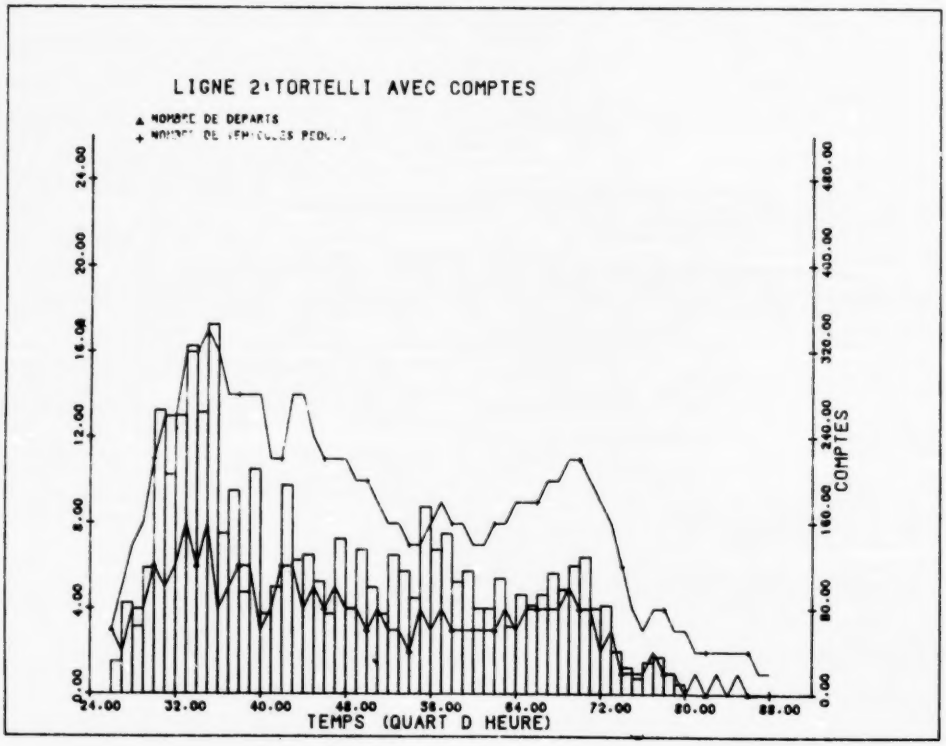

Figure 16. GRAPHIQUE D'EVOLUTION DE LA LIGNE 2 A PARTIR DES COMPTES.

MADITUC: un modèle de planification opérationnelle...

Le modèle d'affectation des déplacements

Si on dispose de données, souvent obtenues à partir d'enquêtes-ménages, dites Origine/Destination, caractérisant la demande relative au mode du transport en commun, il est naturel de vouloir y soumettre le réseau défini à l'étape précédente afin d'en apprécier son taux d'utilisation. A cet égard, le modèle MADITUC apporte une conceptualisation fort différente des modèles d'affectation traditionnels, quoique sa réalisation demeure passablement conventionnelle.

Normalement, la demande de transport est traitée sous forme d'une matrice O/D, triée par origine; l'affectation des déplacements se fait de zone à zone suivant le chemin le plus court sur un réseau comportant des liens d'accès --codifiés manuellement-- et le réseau de transport en commun de base.

Sous MADITUC, l'approche entreprise est totalement désagrégée; au lieu de traiter une cellule de la matrice O/D, le programme procède avec chaque itinéraire (déplacement) distinct -- cette technique n'est pas tellement plus coûteuse quand le nombre de zones est élevé et que la matrice s'en trouve fort clairsemée--. Le principal avantage de ce choix consiste à conserver, avec les données d'origine et de destination du déplacement, toutes les autres informations et attributs qui ont été obtenus lors de la cueillette de l'observation. De plus, ce concept amène à modifier sensiblement le rôle de la procédure d'affectation elle-même.

De ce nouveau point de vue, on peut considérer un modèle d'affectation comme un générateur de nouvelles informations spécifiques au cheminement de l'usager sur le réseau qui viendront se greffer sur l'enregistrement de base de l'itinéraire. Plus explicitement, on constate (voir figure 17) que:

a) au départ, les données sur l'itinéraire peuvent comporter (3):
   - ZO: zone d'origine du déplacement
   - ZD: zone de destination
   - FLOI: facteur d'expansion de l'usager enquêté
   - caractéristiques socio-économiques de l'usager telles que l'âge, le sexe, la possession automobile, la composition du ménage, le revenu, etc...
   - caractéristiques du déplacement telles que l'heure, les modes utilisés, l'itinéraire (les lignes) emprunté, le mode de paiement, etc...

b) un déplacement en transport en commun est toujours constitué de composantes d'accès, faites par la marche à pied à l'entrée et à la sortie du réseau; ceci est modélisé par des liens d'accès allant du centroïde de la zone à certains noeuds du réseau; ces liens, avec MADITUC, sont générés automatiquement par le programme, ce qui se traduit, à la fin, par la détermination de noeuds d'accès NO et ND. Ces informations, dérivées donc d'un modèle

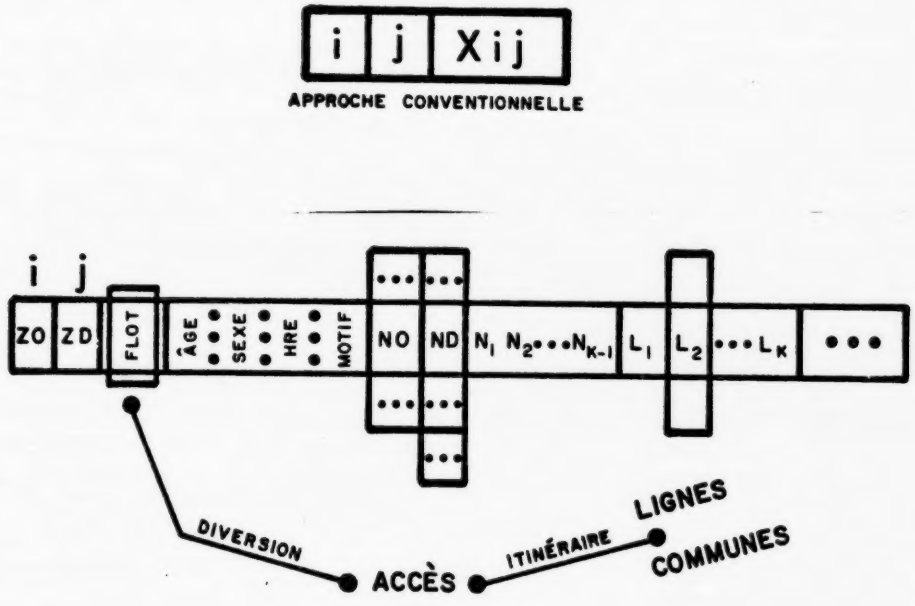

Figure 17. TRAITEMENT D'UN ITINERAIRE DESAGREGE.

d'accès --qui, incidemment, permet diverses options--, sont intégrées à l'enregistrement de base.

c) le déplacement sur le réseau T.C. proprement dit est formé d'une séquence de lignes et de points de correspondance, déterminé par un algorithme de calcul du chemin le plus court -- strictement parlant, d'impédance minimale faisant intervenir des temps d'accès, d'attente et de parcours ainsi que des pénalités de correspondance --, qui tient compte de parcours commun emprunté par plusieurs lignes. Là encore, une fois ces informations déterminées, elles sont adjointes aux autres données déjà retenues.

En somme, le modèle d'affectation façon MADITUC consiste essentiellement en une méthode d'affectation flexible qui comporte la détermination de l'accès automatiquement (sans codification explicite) couplée à un chargement des déplacements sur le réseau, qui peut s'effectuer tout aussi bien suivant la méthode du "noeud à noeud" que de la méthode du "zone à zone", avec ou sans diversion entre plusieurs chemins. Compte tenu de ce qui précède, la méthode s'avère nécessairement moins efficace du point de vue computationnel que les méthodes traditionnelles,

mais permet une approche plus diversifiée et, surtout, amène des potentialités inestimables, qui se verront exploitées par la troisième étape.

L'analyseur d'itinéraires

A la fin de l'exécution de la procédure d'affectation, on se retrouve avec un fichier d'itinéraires rassemblant simultanément toutes les informations pertinentes possibles à une quelconque analyse. Dans le modèle MADITUC, il est prévu ici de développer un analyseur généralisé -- d'organisation similaire à certains logiciels statistiques fort connus comme SPSS (8) --, qui permette, suivant le voeu de l'analyste, de produire les rapports pertinents à son étude. Parmi les fonctions envisagées, le groupement d'entités comme les zones ou les noeuds devrait fournir un outil intéressant d'agrégation des résultats. Plusieurs catégories de rapports peuvent être produits sur la seule base d'un rassemblement des itinéraires concernés; on y distingue:

- des statistiques sur les caractéristiques de la demande ou de l'offre associée à une zone ou un noeud, pouvant s'appliquer à un groupe de zones ou de noeuds,
- l'analyse de tous les mouvements unitaires qui peuvent s'effectuer sur une ligne: embarquements, débarquements, mouvements de correspondance à chaque noeud en connaissance de leur provenance, secteurs desservis par la ligne, caractéristiques socio-économiques de la clientèle...
- l'analyse des mouvements à chaque noeud ou sur chaque lien;
- l'analyse des distributions des temps de voyage des itinéraires.

En somme, quelle que soit l'entité considérée, ZONES, NOEUDS, SECTEURS, LIENS ou LIGNES, toutes les analyses peuvent faire intervenir les autres facteurs considérés dans l'enregistrement de base, à savoir les variables que sont les classes d'âge, le sexe, les caractéristiques du déplacement, les autres modes empruntés, le motif, l'heure de départ, les données du ménage, etc... Ainsi, le planificateur ou l'analyste de transport devrait être en mesure de réaliser une étude de marketing passablement étendue de sa clientèle et de son produit.

Etat actuel de développement de MADITUC

Comme il a été illustré, on constate que le module d'analyse de réseau de MADITUC en est arrivé à un degré de développement suffisamment avancé pour permettre une utilisation opérationnelle du système. D'ailleurs, à ce titre, en vue de l'exécution d'une autre enquête O-D, prévue pour l'automne 1982, dans la région de Montréal, les réseaux des trois grandes commissions de transport (ville de Laval, Rive-Sud de Montréal et Communauté urbaine de Montréal) sont codifiés suivant le nouveau format présenté ici et

ces informations seront utilisées aux fins de validation des réponses des personnes interviewées sur leur itinéraire. D'autres sous-modules comme celui de l'établissement du service à partir de comptes ou l'optimisation des entrées et sorties des véhicules font l'objet d'investigations plus poussées; aussitôt que des résultats adéquats seront obtenus, ils pourront être intégrés au modèle de base.

En ce qui concerne le module d'accès et d'affectation, un prototype de programme existe et a été utilisé pour une étude empirique d'envergure (de Cea (4)) sur la vérification du bien-fondé de l'hypothèse du tout-ou-rien en transport en commun.

Enfin, le dernier module sur l'analyseur généralisé d'itinéraires demeure au stade de développement préliminaire; cependant, il est relativement aisé, pour certaines questions, d'exploiter les résultats actuels à l'aide d'un logiciel conventionnel d'analyse statistique.

Conclusion

En résumé, on estime que l'architecture du logiciel MADITUC devrait permettre à une entreprise de transport collectif d'examiner la plupart de ses projets de planification, quel que soit l'horizon appréhendé; il sera possible d'étudier en grand détail l'effet de modifications de son service sur son réseau, pour peu que la demande globale n'en soit trop affectée; le système autorisera enfin des analyses assez sophistiquées de la clientèle de ses lignes; en outre, la structure des données est d'une souplesse telle qu'elle demeure compatible avec d'autres sources de données courantes comme les enquêtes O-D à bord des véhicules, les comptes-à-bord, les comptes aux points de charge, etc...

Avec ces caractéristiques, il se peut très bien, à notre avis, que la conception du modèle MADITUC s'avère tout aussi pertinente à correspondre aussi aux besoins des grandes entreprises de transport collectif urbain.

REFERENCES

1. A. Babin, M. Florian, L. James-Lefebvre and H. Spiess. EMME/2, an Interactive Graphic Method for Road and Transit Planning. Public. 204, Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal, 1982.

2. R.Chapleau et P. Trottier. L'utilisation du Modèle d'Affectation TRANSCOM pour la Planification Opérationnelle d'un Réseau de Transport en Commun. Revue Routes et Transport 23, Association québecoise du transport et des routes, août 1979, pp. 23-31.

3. Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal.

Méthode d'enquête: enquête régionale O-D. Service de la Planification, C.T.C.U.M., Montréal, avril 1981.

4. J. de Cea. Modèles d'affectation de réseau de transport collectif urbain: traitement de l'accès et de la diversion entre les chemins. Thèse de doctorat, Section Génie des Transports, École Polytechnique de Montréal, juin 1982.

5. R. B. Dial, Urban Transportation Planning System: Philosophy and Function. TRB, Transportation Research Record 599, 1976, pp. 60-64.

6. M. Florian, R. Chapleau, S. Nguyen, C. Achim, L. James-Lefebvre, S. Galarneau, J.Lefebvre and C. Fisk. Validation and Application of an Equilibrium - Based Two-Mode Urban Transportation Planning Method (EMME). TRB, Transportation Research Record 728, 1979, pp. 14-23.

7. J.M. Holec jr., D.S. Schwager and M.J. Gallagher. Improving Usefulness of Section 15 Data for Public Transit. TRB, Transportation Research Record 835, 1981, pp. 9-15.

8. N. H. Nie and al. Statistical Package for the Social Sciences (2nd ed.). McGraw-Hill, 1975.

9. M. H. Rapp, C.D. Gehner. Transfer Optimisation in an Interactive Graphic System for Transit Planning. TRB, Transportation Research Record 619, 1976, pp. 27-33.

10. M.H. Rapp, P. Mattenberger. Planification opérationnelle des transports urbains en commun -- Approches et applications. Conférence mondiale sur la recherche dans les transports, Rotterdam, Pays-Bas, avril 1977.

11. Urban Mass Transportation Administration. UMTA Transportation Planning System Documentation. UTPS tape. U.S. Department of Transportation, April 1981.